

Diese Prüfung besteht aus einem Fragenteil und einem Rechenteil. Zur Bewertung der Aufgaben muss der gesamte Lösungsteil ersichtlich sein.

- Bearbeitungszeit : 90 min
- Erlaubte Hilfsmittel :
  - Schreib- und Zeichengerät
  - Taschenrechner

Note : \_\_\_\_\_

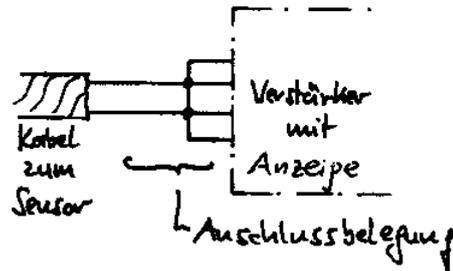
**K U R Z F R A G E N :**

1. Wie groß ist der Widerstand eines Pt100, wenn die zu messende Temperatur wenige Minusgrade (z.B.  $-3^{\circ}\text{C}$ ) beträgt? ( 2P )

(z.B.)  $\approx 99\Omega$

2. Bei einer Temperaturanzeige ist sensorseitig der abgebildete Anschlussplan vorhanden. Um welchen Sensortyp handelt es sich? ( 2P )

Pt100 (verstärkerseitig 4-Leitersystem)  
 (Kabel zum Sensor: 2-Leitersystem)

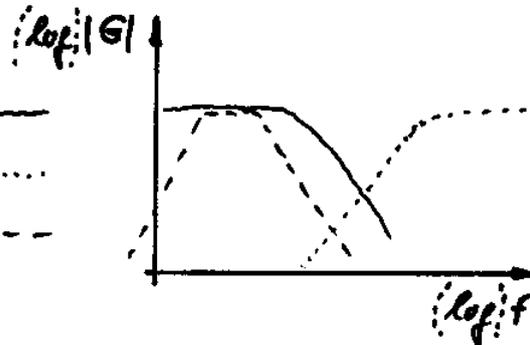


3. Weshalb wird bei der Temperaturmessung mit Thermoelementen stets in irgendeiner Form eine Vergleichstemperatur benötigt? ( 2P )

Thermoelmente: stets Temp.-differenz, bekannte Vergl.-temp. erforderlich! ;  $U_T = k(\alpha - \alpha_r)$

4. Tragen Sie die Frequenzgänge von den folgenden Filtern in das Diagramm ein! ( 6P )

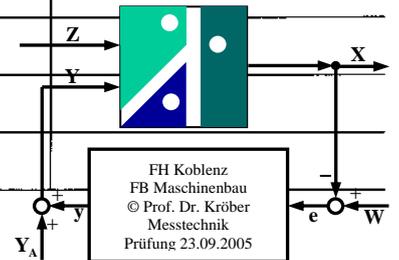
- Tiefpass ———
- Hochpass ..... (dotted)
- Bandpass - - - - - (dashed)



5. Welche Arten von Näherungsschaltern werden neben dem induktiven Abtastprinzip noch verwendet? ( 2P )

optisch, kapazitiv, Ultraschall

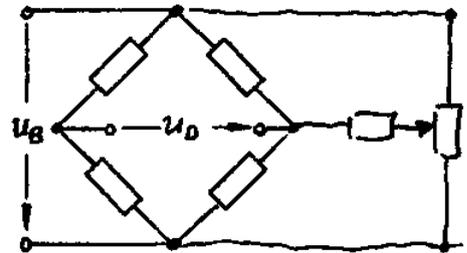
Aufgabe	erreichte Punkte
Fragenteil	
1	<i>+ Lösung per</i>
2	
3	
4	
5	
6	
Summe	



6. Bei einem seismischen Weg- oder Beschleunigungsmesssystem wird z.B. mit einem induktiven Abtastsystem ein Weg gemessen. Was für ein Weg wird dort gemessen? ( 2P )

Relativweg zwischen Gehäuse und seismischer Masse

7. Ergänzen Sie die Wheatstonesche Messbrücke um die Nullpunkteinstellung! ( 3P )



8. Welcher Verstärkertyp muss bei piezoelektrischen Aufnehmern verwendet werden? ( 1P )

Ladungsverstärker

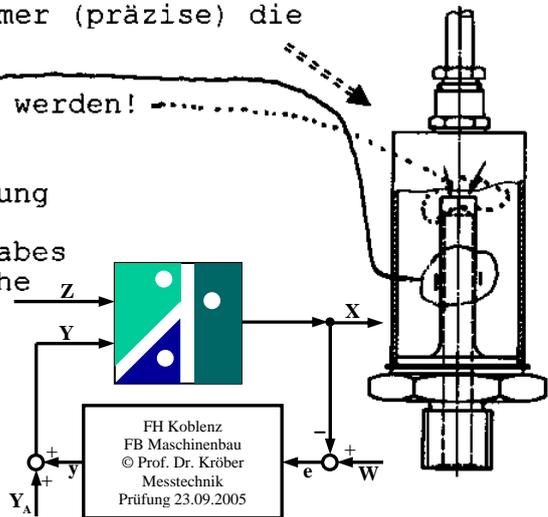
9. Welcher Verstärkertyp muss bei induktiven Aufnehmern verwendet werden? ( 1P )

Trägerfrequenzmessverstärker

10. Markieren Sie bei dem Druckaufnehmer (präzise) die Stellen, wo die  
- aktiven DMS platziert werden,  
- die Kompensations-DMS platziert werden! ( 4P )

11. Bei der Berechnung der Biegespannung werden das Biegemoment sowie die Breite und die Höhe eines Flachstabes gemessen. Wie groß ist der mögliche maximale Fehler der Biegespannung, wenn jede Einflussgröße mit einem relativen Fehler von 0,5% gemessen wird? ( 2P )

$$\sigma_b = \frac{M_b}{\frac{b \cdot h^2}{6}}$$



2% (+0,5% + 0,5% + 2 · 0,5%)

12. Eine Welle dreht mit 24 Hz. Auf welche Blitzfrequenz müssen Sie ein Stroboskop einstellen, damit sich die Welle "scheinbar" mit 1 Hz in Drehrichtung dreht? ( 2P )

23 Hz

13. Die Abtastfrequenz eines Messsystems beträgt 10000 Hz. Welche Frequenzinhalte dürfen dann im Messsignal keinesfalls vorkommen? ( 2P )

f ≥ 5000 Hz

14. Wie groß ist der übliche Widerstand eines DMS? ( 1P )

120Ω (350Ω)

15. Der komplexe Frequenzgang eines Hochpassfilters wird durch die angegebene Gleichung beschrieben. Ergänzen Sie die Gleichung für den Betrag des Frequenzganges! ( 3P )

$$G = \frac{j\omega T}{1 + j\omega T} \implies |G| = \frac{\omega T}{\sqrt{1 + (\omega T)^2}}$$

16. Bei einer bestimmten Frequenz ist an einem Filter die Amplitude am Ausgang um 90% kleiner als am Eingang. Wie groß ist dann das Amplitudenverhältnis in [dB]? ( 3P )  
-20dB
17. Bei welchem Messverfahren spielt der Seebeck-Effekt eine Rolle? ( 2P )  
Temp.-messung mit Thermoelement
18. Wie heißt die Umkehrung des Seebeck-Effektes? ( 2P )  
Peltier - Effekt
19. Bei welchem Längen- und Winkelmessverfahren ist eine Richtungserkennung erforderlich? ( 2P )  
inkrementalen Verfahren
20. Welche Maximal- und Minimalwerte kann die Ausgangsspannung eines Operationsverstärkers annehmen, wenn die Speisespannung  $\pm 15V$  beträgt? ( 2P )  
ca  $\pm 13V \dots \pm 14V$

R E C H E N T E I L

Aufgabe 1 ( 7P )

Der Druckabfall an einem Hydraulikfilter wird mit zwei unterschiedlichen Absolutdruckaufnehmern gemessen.

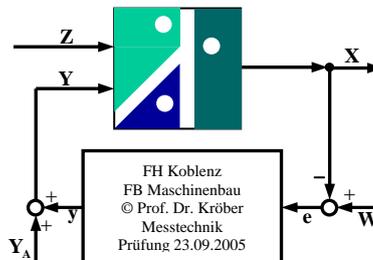
Daten der Messstelle vor dem Hydraulikfilter:

- Aufnehmer 0-100 bar
  - Ausgang 4-20 mA
  - Fehlerklasse 0,25%
  - Messwert 9,6 mA
- }  $p_1$

Daten der Messstelle nach dem Hydraulikfilter:

- Aufnehmer 0-50 bar
  - Ausgang 0-10 V
  - Fehlerklasse 0,25%
  - Messwert 6,2 V
- }  $p_2$

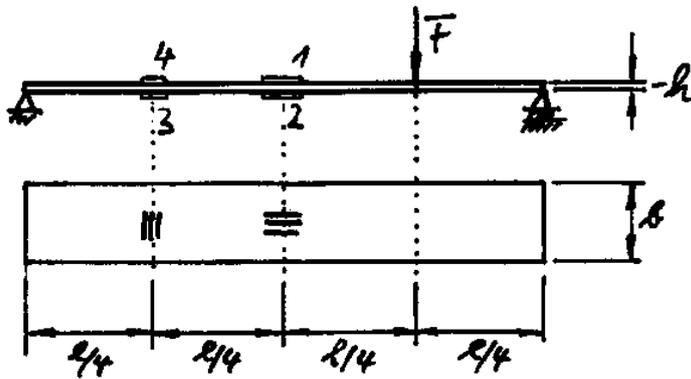
- a. Wie groß sind die Drücke  $p_1$ ,  $p_2$  und der Differenzdruck?
- b. Mit welchem absoluten und relativen Fehler müssen Sie beim Differenzdruck rechnen?



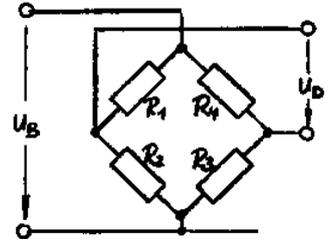
Aufgabe 2 ( 9P )

Ermitteln Sie für die angegebene Anordnung einen Zusammenhang zur Ermittlung der Brückenverstimmung in Abhängigkeit der gegebenen Größen!

$$\frac{u_D}{u_B} = f(F, l, b, h, k, E, \nu) = \dots$$



Hilfestellungen:



$$\frac{u_D}{u_B} = \frac{1}{4} \left( \frac{\Delta R_2}{R} + \frac{\Delta R_4}{R} - \frac{\Delta R_1}{R} - \frac{\Delta R_3}{R} \right)$$

$$\frac{\Delta R}{R} = k \cdot \epsilon \quad \epsilon_{\text{quer}} = -\nu \cdot \epsilon_{\text{long}}$$

$$W_b = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Aufgabe 3 ( 6P )

Eine Drehmomentenmesswelle (Vollbrücke) ist so auszulegen, dass bei einem Drehmoment von 50 Nm die Brückenverstimmung 1 mV/V beträgt. Gegebene Zahlenwerte:  $G = 80000 \text{ N/mm}^2$ ;  $k = 2$

- Welchen Durchmesser muss die Welle besitzen?
- Wie groß ist dann die Torsionsspannung?

Hilfestellungen

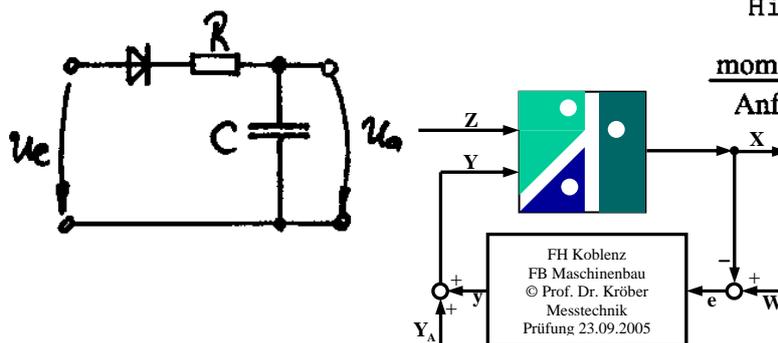
$$\epsilon_{DMS} = \frac{\tau}{2 \cdot G}$$

$$W_p = W_t = \frac{\pi}{16} d^3$$

Aufgabe 4 ( 8P )

In der Schaltung ist der Kondensator zum Zeitpunkt  $t=0$  vollständig entleert (Ladung gleich Null). Die Eingangsspannung ist zunächst ebenfalls gleich Null. Dann ändert sich die Eingangsspannung sprunghaft auf  $u_e = 10 \text{ V}$ .

Nach welcher Zeit beträgt die Spannung  $u_a$  am Kondensator 5 V?  
Zahlenwerte:  $R = 10 \text{ k}\Omega$ ;  $C = 1 \mu\text{F}$ ; Durchlassspannung  $u_D = 0,7 \text{ V}$

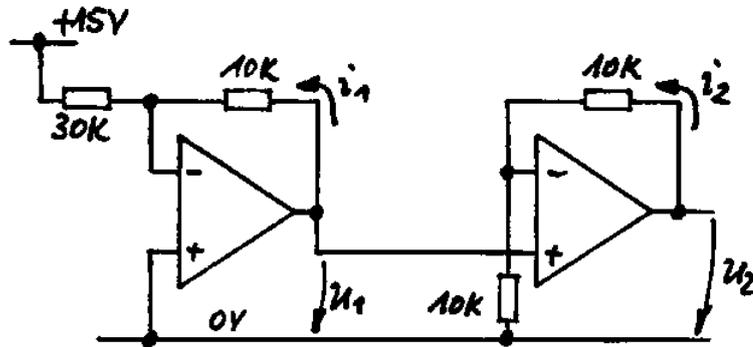


Hilfestellung:

$$\frac{\text{momentane Differenz}}{\text{Anfangsdifferenz}} = e^{-\frac{t}{T}}$$

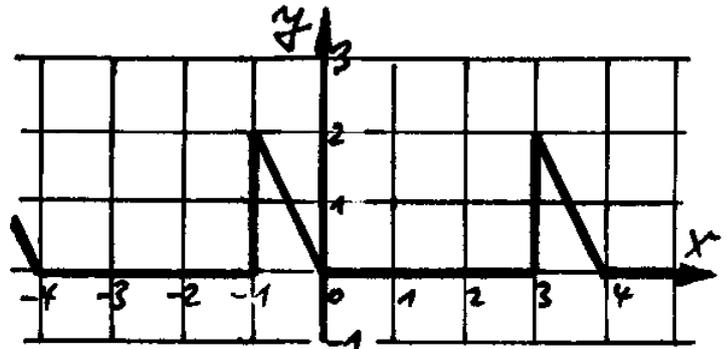
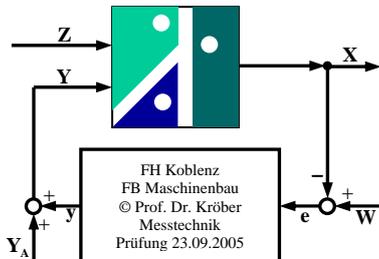
Aufgabe 5 ( 9P )

Die beiden Operationsverstärker werden mit +15V gespeist. Bestimmen Sie die Spannungen  $u_1$ ,  $u_2$  sowie die Ströme  $i_1$  und  $i_2$ !



Aufgabe 6 ( 7P )

Bestimmen Sie für den abgebildeten Signalverlauf den Koeffizient  $b_1$ !



Hilfestellung:

$$\int x \sin(ax) dx = -\frac{x}{a} \cos(ax) + \frac{1}{a^2} \sin(ax) + C$$

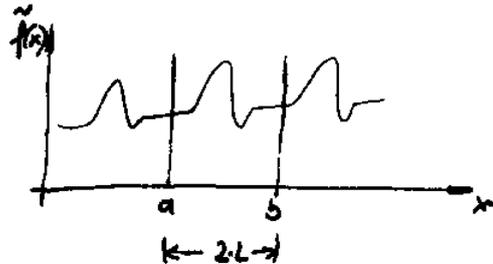
Sei  $\tilde{f}(x)$  eine periodische Funktion der Periode  $2L$ , dann läßt sich  $\tilde{f}(x)$  durch eine Reihenentwicklung approximieren:

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{i=1}^n a_i \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) + \sum_{i=1}^n b_i \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right)$$

wobei

$$a_i = \frac{1}{L} \int_a^{b+\tilde{L}} \tilde{f}(x) \cos\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$

$$b_i = \frac{1}{L} \int_a^{b+\tilde{L}} \tilde{f}(x) \sin\left(i \frac{\pi}{L} x\right) dx$$



# Lösungen Prüfung Messtechnik vom 23.09.05 Blatt 1

1) a) 
$$\frac{9,6 \text{ mA} - 4 \text{ mA}}{20 \text{ mA} - 4 \text{ mA}} \cdot 100 \text{ bar} = \underline{35 \text{ bar}} = p_1$$

$$p_2 = \frac{6,2 \text{ V}}{10 \text{ V}} \cdot 50 \text{ bar} = \underline{31 \text{ bar}}$$

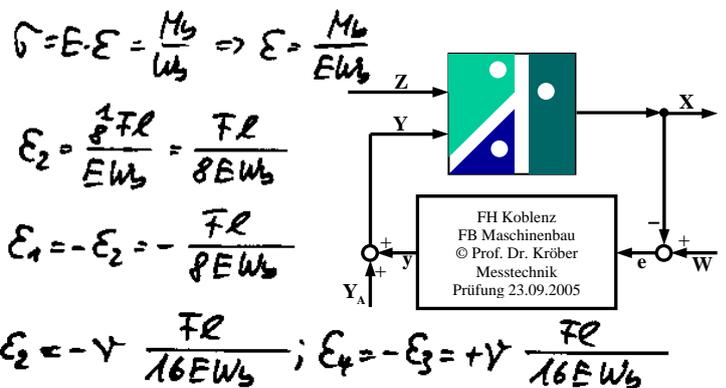
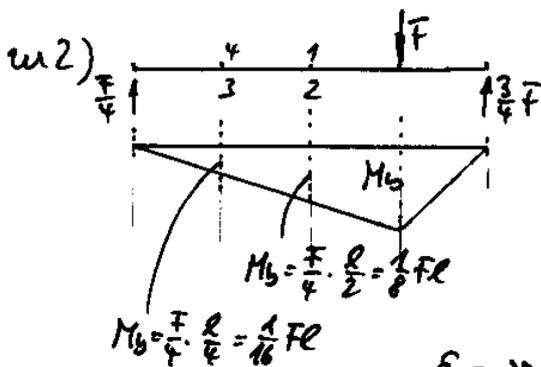
$p_{\text{diff}} = p_1 - p_2 = \dots = \underline{4 \text{ bar}}$

b) 
$$\frac{0,25}{100} \cdot 100 \text{ bar} = \underline{0,25 \text{ bar}} = \Delta p_1$$

$$\frac{0,25}{100} \cdot 50 \text{ bar} = \underline{0,125 \text{ bar}} = \Delta p_2$$

abs. Fehler:  
 $\Delta p_{\text{diff}} = \Delta p_1 + \Delta p_2 = \dots = \underline{0,375 \text{ bar}}$

rel. Fehler: 
$$\frac{\Delta p_{\text{diff}}}{p_{\text{diff}}} \cdot 100\% = \frac{0,375 \text{ bar}}{4 \text{ bar}} \cdot 100\% = 9,375\% \approx \underline{9,4\%}$$



$$\frac{u_0}{u_B} = \frac{1}{4} \cdot K (\epsilon_2 + \epsilon_4 - \epsilon_1 - \epsilon_3) = \frac{K}{4} \left( \frac{F l}{8 E W_b} + \nu \frac{F l}{16 E W_b} - \left( -\frac{F l}{8 E W_b} \right) - \left( -\nu \frac{F l}{16 E W_b} \right) \right)$$

$$= \frac{K \cdot F \cdot l}{4 \cdot 8 E W_b} \left( 1 + \frac{\nu}{2} + 1 + \frac{\nu}{2} \right) = \frac{K \cdot F \cdot l}{32 \cdot E \cdot \frac{b \cdot d^3}{6}} (2 + \nu)$$

$$= \underline{\underline{\frac{3 \cdot K \cdot l (2 + \nu) \cdot F}{16 E b d^3}}}$$

u3) a) 
$$\frac{u_0}{u_B} = \frac{1}{4} (4 \cdot K \cdot \epsilon_{DTS}) = K \cdot \epsilon_{DTS} = K \frac{\tau}{2 \cdot G}; \quad \tau = \frac{M_t}{W_t}; \quad W_t = \frac{\pi}{16} d^3$$

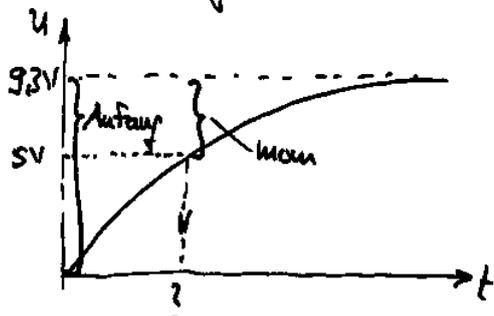
$$\frac{u_0}{u_B} = K \frac{M_t}{2 \cdot G \cdot \frac{\pi}{16} d^3} = \frac{8 \cdot K \cdot M_t}{\pi G d^3} \Rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot K \cdot M_t}{\pi \cdot G \cdot \frac{u_0}{u_B}}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 2 \cdot 50}{\pi \cdot 80000 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}}$$

$= \underline{\underline{14,71 \text{ mm}}}$

b) 
$$\tau = \frac{M_t}{W_t} = \frac{50000 \text{ Nm}}{\frac{\pi}{16} (14,71 \text{ mm})^3} = \underline{\underline{80,0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}}$$
 (oder aus  $\tau = \frac{2 \cdot G \cdot u_0 / u_B}{K}$ )

# Lösungen Prüfung Messtechnik vom 23.09.05 Blatt 2

zu 4) Spannung nach Diode  $10V - U_D = 10V - 0,7V = 9,3V$

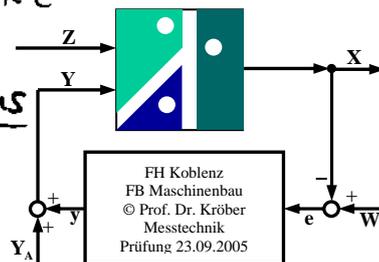


$$\frac{wom}{Auf} = e^{-t/\tau}$$

$$\frac{Auf}{wom} = e^{+t/\tau} \quad | \ln$$

$$\ln \frac{Auf}{wom} = t/\tau ; T = R \cdot C$$

$$t = T \cdot \ln \frac{Auf}{wom} = \frac{10 \cdot 10^3 \Omega \cdot 10^{-6} F}{10 \mu s} \cdot \ln \frac{9,3 - 0}{9,3 - 5} = \underline{\underline{7,71 \mu s}}$$



zu 5) invertierender Verstärker:

$$\frac{U_{Ausgang}}{U_{Eingang}} = - \frac{R_{Rückführung}}{R_{Vorwiderstand}} \quad \begin{matrix} \leftarrow 10K \\ \leftarrow 30K \end{matrix}$$

$$\Rightarrow U_{Ausgang} = U_1 = \underline{\underline{-5V}}$$

nichtinvertierender Verstärker:

$$\frac{U_{Ausgang}}{U_{Eingang}} = 1 + \frac{R_{Rückführung}}{R_{Vorwiderstand}} \quad \begin{matrix} \leftarrow 10K \\ \leftarrow 10K \end{matrix} \Rightarrow U_{Ausgang} = U_2 = \underline{\underline{-10V}}$$

$$\begin{aligned} \underline{\underline{i_1}} &= \frac{-5V - 0V}{10K} = \underline{\underline{-0,5 \mu A}} & \underline{\underline{i_2}} &= \frac{U_2}{\Sigma R} = \frac{-10V}{10K + 10K} = \underline{\underline{-0,5 \mu A}} \end{aligned}$$

zu 6)  $a = -2; b = +2; 2L = b - a = 2 - (-2) = 4 \Rightarrow L = 2$

Gleichung in  $-1 \leq x \leq 0 : y = \tilde{f}(x) = -2x$

$$b_1 = \frac{1}{2} \int_{-1}^0 (-2x) \sin\left(1 \cdot \frac{\pi}{2} x\right) dx = - \int_{-1}^0 x \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) dx$$

$$= - \left[ -\frac{x}{\pi/2} \cos\left(\frac{\pi}{2} x\right) + \frac{1}{(\pi/2)^2} \sin\left(\frac{\pi}{2} x\right) \right]_{-1}^0$$

$$= - \left\{ 0 + \frac{1}{(\pi/2)^2} \sin(0) + \frac{-1}{\pi/2} \cos\left(-\frac{\pi}{2}\right) - \frac{1}{(\pi/2)^2} \sin\left(-\frac{\pi}{2}\right) \right\}$$

$$= - \left(\frac{2}{\pi}\right)^2 = \underline{\underline{-\frac{4}{\pi^2} \approx -0,405}}$$